



Title	バレイショ交配分離集団の塊茎世代の根量に及ぼす実生世代の根量選抜の効果
Author(s)	柏木, 純一; 岩間, 和人; 長谷川, 利拡; 中世古, 公男; 茂木, 紀昭; 市川, 伸次
Citation	北海道大学農学部農場研究報告, 31, 1-12
Issue Date	1999-03-29
Doc URL	<a href="http://hdl.handle.net/2115/13437">http://hdl.handle.net/2115/13437</a>
Type	bulletin (article)
File Information	31_p1-12.pdf



[Instructions for use](#)

# バレイショ交配分離集団の塊茎世代の根量に及ぼす 実生世代の根量選抜の効果

柏木 純一・岩間 和人・長谷川 利拡・中世古 公男

(北海道大学大学院農学研究科 作物生産生物学講座)

茂木 紀昭・市川 伸次

(北海道大学農学部附属農場 植物資源開発部門)

(1999年2月8日受理)

## 緒 言

作物の根は養水分吸収を通じて、作物体の生育・収量に大きな影響を及ぼす重要な器官である。特にバレイショは、他の畑作物と比較して根量が少なく、浅根性であり<sup>1,2)</sup>、根量と地上部生長および塊茎収量との間に比較的高い正の相関関係が存在することが報告されている<sup>3,4,5,6,7)</sup>。また、他品種と比べて根量が小さいコナフブキは、乾燥条件下における収量の減少割合が大きいことが明らかとなっている<sup>8,9)</sup>。従って、バレイショでは他の作物に比べて根系の改良による生育および収量の改善効果が大きいものと考えられる。

バレイショやイネなど幾つかの作物において、根の長さ、乾物重、深さ、また地上部乾物重に対する根乾物重の比率などの根系形質について、遺伝的変異が存在することが報告されている<sup>10,3,11)</sup>。しかし、圃場条件下では根系の調査に多大な労力を必要とするため、多数の系統を扱う育種過程において根系形質の選抜が行われた例は極めて少ない<sup>12)</sup>。根系形質についての育種を行うには、多数の個体を簡便に調査できる手法の確立が必須である。

当研究室では、これまでもバレイショの交配分離集団を用いて根系の簡易選抜法を検討し、ポット栽培した実生世代の根量を6葉期に肉眼で判定することにより、塊茎世代の地上部最大期の根量をだまかに推定できることを明らかにした<sup>13)</sup>。また、実生世代の根長の変異は、主として少数の主働遺伝子により支配されており、根長小の特性

が優性であることを示した<sup>14)</sup>。しかし、これらの研究では植物体の乾物重を測定したため、実生世代に根量を測定した遺伝子型(系統)を、塊茎世代の試験に用いることができなかった。そこで、本研究では実生世代に根量を測定した系統の地上部を挿し木することによって生長を維持し、塊茎を得ることにより、同一の系統について実生世代と塊茎世代での根量の対応関係を明らかにしようと考えた。

## 材料および方法

### 1. 供試系統の作出

供試材料には農林1号と紅丸を母親、コナフブキを花粉親とする交配分離集団(以下、農1集団および紅丸集団とする)を用いた。

1995年9月17日に各集団の真正種子約500粒を、農林水産省北海道農業試験場作物開発部ばれいしょ育種研究室(恵庭市島松、北緯43°)の加温ガラス室内の育苗箱に播種し、植物体がほぼ第3葉を展開した時期に、塩ビ製ポット(直径7cm)に移植した。土壌には、火山灰土、ピートモスおよび川砂を容積比で1:1:1に混合したものを、肥料は加えなかった。移植した植物体がほぼ第6葉を展開した時期(農1集団では10月23日、紅丸集団では10月30日)に、農1集団では78個体、紅丸集団では53個体をポットから取り出し、地下茎を含む地上部と根部とに切り分けた。根部は水道水で丁寧に洗浄し、土と夾雑物を取り除いた後、根長をTennantの修正格子法<sup>15)</sup>で測定した。地上部は地際から1節目と2節目の節間

で切断し、ただちに川砂を充填した育苗箱に挿し木した。そして、加温ガラス室内の日陰において発根を促した。その後、農1集団では11月2日、紅丸集団では11月13日に塩ビ製ポット(直径7 cm)に移植し、ガラス室内で栽培を継続した後、1996年2月中旬に塊茎を収穫した。

## II. 塊茎の増殖

実生世代に収穫した塊茎は、小型ポットで栽培されたため非常に小さく(直径約2 cm)また少数であったので、増殖を図るために前述のばれいしょ育種研究室の圃場で1996年5月15日に、畦間75 cm、株間40 cmの栽植密度(3.33株 $m^{-2}$ )で植付けた。施肥量は10アール当りの成分量でNを8 kg、 $P_2O_5$ を16 kg、 $K_2O$ を11 kg、MgOを4 kgとし、植付け直前に種イモ下部に条施した。病虫害防除等の栽培管理は、同研究室の慣行法により行い、10月上旬に収穫した。収穫調査は行わなかったが、いずれの系統においても60 g以上の塊茎を15個ほど収穫できた。

## III. 塊茎世代の圃場試験

試験は1997年に北海道大学農学部附属農場の精密圃場で行った。供試材料として、農1集団を65系統、紅丸集団を39系統、および両集団の交配親3品種を用いた。5月1日に、畦間75 cm、株間40 cmの栽植密度(3.33株 $m^{-2}$ )で各系統・品種を各6株ずつの2反復で植え付けた。施肥量は10アール当りの成分量でNを7 kg、 $P_2O_5$ を11 kg、 $K_2O$ を9 kg、MgOを3 kgとし、植付け直前に種イモ下部に条施した。病虫害防除等の栽培管理は、北海道大学農学部附属農場の慣行法により行った。

調査は各系統・品種の地上部最大期および黄変期(収穫期)に行った。1996年の塊茎の増殖過程および1997年の栽培期間中に、何らかの病徴を示した系統は除去したため、調査系統数は農1集団で56系統、紅丸集団で36系統であった。地上部最大期の調査は、各反復で1個体を対象に行った。まず、地際から地上部を切断し、葉と茎に分けた。次に地下部を、隣接する株との中間線までの領域

内について深さ30 cmまでスコップで掘り取り、根と塊茎および地下茎(ストロンを含む)を採取した。これを1晩水に浸した後、水道水で丁寧に洗浄し、土と夾雑物を取り除いた。その後、各器官を80°Cで48時間通風乾燥させた後、乾物重を測定した。収穫期には、各反復の2株について、塊茎の生重(生収量)および乾物率を測定した。

結果の解析では、塊茎乾物率から5を引いた値を澱粉価とし、また生収量と澱粉価の積より塊茎澱粉収量(澱粉収量)を算出した。さらに、地上部最大期および収穫期の測定形質について、各分離集団ごとに分散分析を行い、広義の遺伝率を次式<sup>16)</sup>により算出した。

$$\text{遺伝率 (\%)} = (\sigma_e^2 - \sigma_e^2) / \sigma_e^2 \times 100,$$

ただし、 $\sigma_e^2$ は誤差分散、 $\sigma_e^2$ は全分散を示す。

## 結 果

### 1. 実生世代の根量および根量階級の設定

実生世代の6葉期における各交配分離集団の根長の平均値および変動係数を第1表に示した。1995年に調査した全系統の値を集団間で比較すると、紅丸集団に比べて農1集団が有意に大きな平均値を示した。また、変動係数は両集団ともに20%以上の値を示し、特に農1集団は32%の大きな値を示した。

各集団での根長の頻度分布をみると(第1図)、農1集団では8 m前後の根長を境界にして2頂型の頻度分布を示した。そこで、7.7 mを境界にして、これより短い根長を持つ系統群(S)と長い根長を持つ系統群(L)の2階級に分別した。各階級に含まれる系統数を $\chi^2$ 検定したところ、階級S:階級Lは3:1の分離比に適合し(0.50 < p < 0.75)、また階級Lの平均値は階級Sの1.7倍を示した(第1表)。一方、紅丸集団ではおおむね一頂型の頻度分布を示した。そこで、集団の平均値(5.0 m)より短い根長を持つ系統群(S)と長い根長を持つ系統群(L)の2階級に分別した。階級Lの平均値は階級Sの平均値の1.4倍を示した(第1表)。

なお、塊茎世代では実生世代の系統の一部が病害のため除外された。そこで、塊茎世代での調査

第1表 実生世代の6葉期における根長(m株<sup>-1</sup>)の集団間および根量階級間の差異。

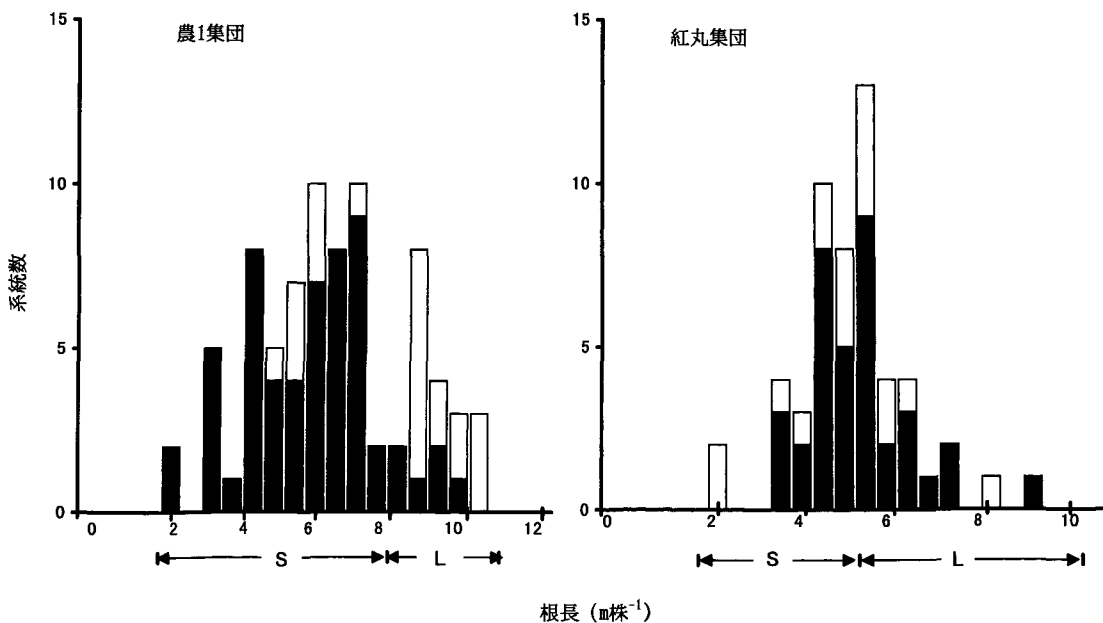
	実生世代で調査した系統				塊茎世代の調査に用いた系統			
	系統数	平均値	相対値	CV(%) <sup>1)</sup>	系統数	平均値	相対値	CV(%)
農1集団								
階級S	58	5.28	(100) <sup>2)</sup>	26	50	5.24	(100)	27
階級L	20	8.93	(168)	8	6	8.62	(165)	8
全体	78	6.22	[126] <sup>3)</sup>	32	56	5.61	[111]	30
紅丸集団								
階級S	27	4.13	(100)	18	18	4.30	(100)	11
階級L	26	5.81	(142)	17	18	5.85	(137)	17
全体	53	4.95	[100]	24	36	5.07	[100]	22
有意性 <sup>4)</sup>								
集団間		*				ns		
階級間								
農1集団		*				*		
紅丸集団		*				*		

註. 1) 平均値の変動係数。

2) 各集団の階級Sの平均値を100とした時の相対値を示す。

3) 紅丸集団の平均値を100とした時の相対値を示す。

4) \*は平均値に5%水準で有意差があることを、nsは有意差がないことを示す(t-検定)。



第1図 実生世代の6葉期における根長の頻度分布。

各集団とも、最大値と最小値の間を16階級に分けた。黒部分は1997年に圃場で調査を行った系統を示す。図中のS、Lは根量階級の範囲を示す(本文参照)。

系統について、実生世代での集団全体および各根量階級の根長の平均値を算出したところ（第1表）、集団全体では農1集団の平均値は小さくなり、逆に紅丸集団の平均値はやや大きくなった。集団間に有意な差異は認められなくなったが、農1集団の方が紅丸集団より大きい傾向には変化がなかった。また各根量階級間では、前述の全調査系統と類似した値が得られ、根量階級間には有意な差異が認められた。

## 2. 塊茎世代の形質における集団間および根量階級間の差異

### 1) 地上部最大期

器官別乾物重における各交配分離集団および各根量階級の平均値を第2表に示した。集団間で比較すると、根乾物重（根重）では農1集団が、塊茎乾物重（塊茎重）では紅丸集団が有意に大きかった。特に根重では集団間の差異が大きく、農1集団は紅丸集団との対比で1.6倍を示した。一方、葉乾物重（葉重）と茎乾物重（茎重）では、集団間に有意な差異は認められなかった。

根量階級間で比較すると、農1集団では葉重、茎重および根重がいずれも階級Sに比べ階級Lの方が有意に大きかった。階級Sに対する階級Lの比率は、葉重で1.3倍、茎重で1.4倍、根重で1.6倍を示し、根重の差異が最も大きかった。なお、塊茎重では階級間に有意な差異が認められなかった。一方、紅丸集団では、いずれの形質においても階級間で有意な差異は認められなかったが、葉重、茎重および根重ではいずれも階級Lの方が階級Sに比べ1.1-1.2倍大きい傾向を示した。

各集団での根重の頻度分布を第2図に示した。母親と花粉親の根重の差は農1集団に比べて紅丸集団の方が小さかったが、各集団内の変異の大きさおよび平均値は、いずれも紅丸集団の方が農1集団より小さかった。また、農1集団では、約4gの値を境界にして2頂型の頻度分布を示し、境界値より小さい系統群のモード（並数：最大の系統数を持つ測定値）は1.3g株<sup>-1</sup>であり、花粉親のコナフブキの根重とほぼ等しく、境界値より大き

な系統群のモードは4.5g株<sup>-1</sup>と、農林1号の根重とほぼ等しかった。集団の平均根重は交配親の根重の平均値と等しく、全系統の27%（15系統）は根重の大きな親（農林1号）よりも大きな根重を示した。また、実生世代に階級Lの系統の67%（4系統）が農林1号よりも大きな根重を示したのに対し、階級Sの系統では22%（11系統）しか農林1号よりも大きな根重を示さなかった。一方、紅丸集団では、実生世代の根長と同様に、ほぼ1頂型の頻度分布を示した。しかし、分布のモードは根重の小さい側にやや偏り、集団の平均値は根重の小さな親に類似した値を示した。さらに、全系統の22%（8系統）は根重の大きな親（紅丸）よりも大きな根重を示した。そして、実生世代に階級Lおよび階級Sの系統のそれぞれ22%（4系統）が紅丸よりも大きな根重を示した。

各集団における根重とその他の形質との相関係数を第3表に示した。両集団ともに、根重と葉重および茎重の間には有意な正の相関関係が認められ、根重の大きな系統では葉重および茎重が大きい傾向を示した。さらに、全重に対する根重の割合（根重/全重比）および塊茎重の割合（塊茎重/全重比）と根重との間には、それぞれ正および負の有意な相関関係が認められ、根重の大きな系統では全重に対する根重の割合が高く、逆に塊茎の割合が低いことが明らかとなった。しかし、根重と塊茎重の間には有意な相関関係は認められなかった。

地上部最大期の諸形質の遺伝率は（第4表）、農1集団では54-93%、紅丸集団では、58-93%といずれも高い値を示した。また、いずれの形質でも集団間の差異は比較的小さく、両集団ともに根重の遺伝率は葉重の遺伝率よりも高かった。

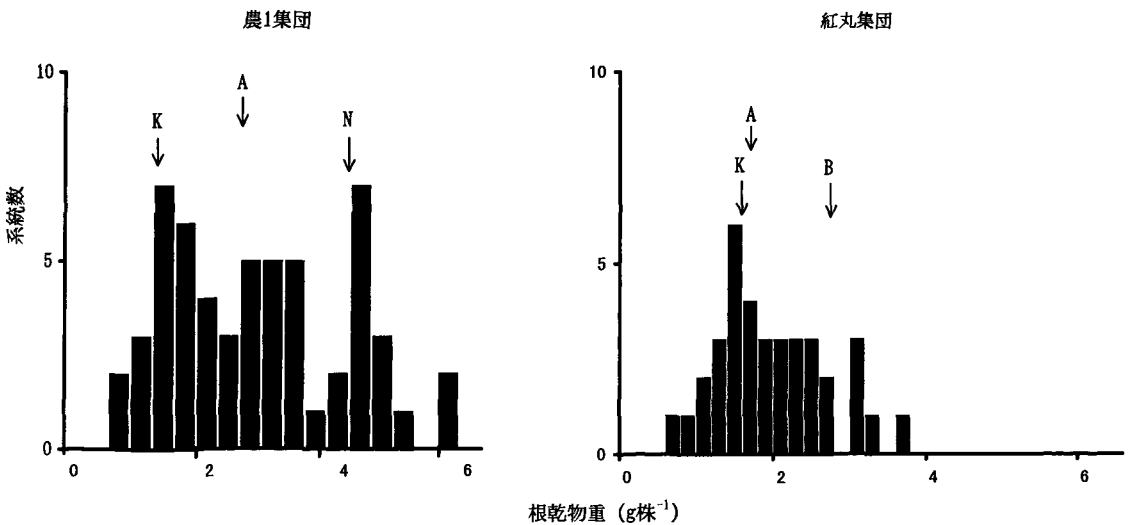
### 2) 収穫期

収量形質における各交配分離集団および各根量階級の平均値を第5表に示した。集団間で比較すると、生収量は紅丸集団が、澱粉価は農1集団が、それぞれ有意に高い値を示した。このため、澱粉収量における集団間の差異は小さく、有意差は認められなかった。

第2表 塊茎世代の地上部最大期における諸形質の集団間および根量階級間の差異。

	地上部最大期まで日数 <sup>1)</sup>			葉乾物重 (g 株 <sup>-1</sup> )			茎乾物重 (g 株 <sup>-1</sup> )			根乾物重 (g 株 <sup>-1</sup> )			塊茎乾物重 (g 株 <sup>-1</sup> )		
	平均値	相対値	SE <sup>2)</sup>	平均値	相対値	SE	平均値	相対値	SE	平均値	相対値	SE	平均値	相対値	SE
農1集団															
階級S	83	(100) <sup>3)</sup>	1.5	25.2	(100)	1.2	58.7	(100)	4.3	2.67	(100)	0.19	152	(100)	8.8
階級L	85	(102)	1.7	31.6	(125)	3.4	82.1	(140)	11.8	4.18	(156)	0.69	161	(106)	21.3
全体	83	[ 93] <sup>4)</sup>	1.3	25.9	[ 92]	1.2	61.2	[109]	4.1	2.83	[156]	0.19	153	[ 75]	8.1
紅丸集団															
階級S	88	(100)	2.4	26.1	(100)	2.6	53.7	(100)	6.8	1.71	(100)	0.18	207	(100)	16.6
階級L	90	(102)	1.8	30.1	(115)	1.9	58.4	(109)	5.2	1.87	(112)	0.16	200	( 97)	9.8
全体	89	[100]	1.5	28.1	[100]	1.6	56.1	[100]	4.3	1.78	[100]	0.12	203	[100]	9.5
有意性 <sup>5)</sup>															
集団間	*			ns			ns			*			*		
階級間															
農1集団	ns			*			*			*			ns		
紅丸集団	ns			ns			ns			ns			ns		

註. 1) 萌芽期からの日数。  
 2) 平均値の標準誤差。  
 3) 各集団の階級Sの平均値を100とした時の相対値を示す。  
 4) 紅丸集団の平均値を100とした時の相対値を示す。  
 5) \*は平均値に5%水準で有意差があることを、nsは有意差がないことを示す (t-検定)。

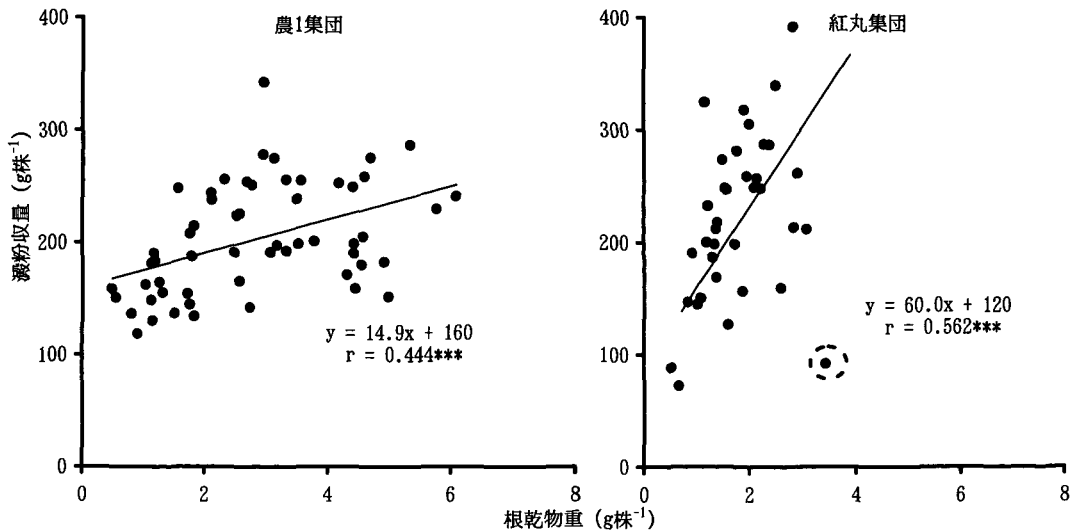


第2図 塊茎世代の地上部最大期における根乾物重の頻度分布。  
 図中の矢印は集団の平均値(A)と交配親の乾物重(K：コナフブキ, 1.6±0.35 g 株<sup>-1</sup>, N：農林1号, 4.1±0.49 g 株<sup>-1</sup>, B：紅丸, 2.4±0.16 g 株<sup>-1</sup>)を示す。

第3表 塊茎世代における地上部最大期の根乾物重と地上部最大期および収穫期の諸形質との相関係数。

	農1集団	紅丸集団
地上部最大期		
葉乾物重	0.676*** <sup>1)</sup>	0.658***
茎乾物重	0.787***	0.793***
塊茎乾物重	-0.131ns	0.037ns
全乾物重	0.304*	0.404**
根乾物重/全乾物重	0.860***	0.794***
塊茎乾物重/全乾物重	-0.832***	-0.745***
地上部最大期まで日数 <sup>2)</sup>	0.422**	0.192ns
収穫期		
澱粉収量	0.444***	0.562***
生収量	0.410**	0.541***
澱粉価	0.190ns	0.196ns
黄変期まで日数 <sup>2)</sup>	0.602***	0.487***

註. 1) \*, \*\*, \*\*\*はそれぞれ5%, 1%, 0.1%水準で有意な相関関係があることを, nsは有意な相関関係が認められないことを示す。  
2) 萌芽期からの日数。



第3図 塊茎世代の地上部最大期における根乾物重と収穫期の澱粉収量との関係。図中の円で囲まれた系統は相関係数の算出に含まれていない。

第4表 塊茎世代における諸形質の遺伝率(%)。

	農1集団	紅丸集団
地上部最大期		
葉乾物重	53.6	57.4
茎乾物重	69.7	74.4
根乾物重	61.0	61.3
塊茎乾物重	62.4	57.7
全乾物重	59.0	58.6
根乾物重/全乾物重	66.6	75.8
地上部最大期まで日数 <sup>1)</sup>	93.3	93.3
収穫期		
澱粉収量	65.1	64.1
生収量	56.1	59.5
澱粉価	52.4	74.9
黄変期まで日数 <sup>1)</sup>	68.8	67.5

1) 萌芽期からの日数。

根量階級間で比較すると、いずれの形質ともに有意な差異は認められなかった。しかし、農1集団では全ての形質において、また紅丸集団では澱粉価以外の形質において、いずれも階級Lが階級Sに比べ大きい傾向を示した。

地上部最大期の根重と収穫期の形質との関係を見ると(第3表)、澱粉価との間には有意な相関関係が認められなかったが、澱粉収量、生収量および黄変期との間にはいずれも有意な正の相関関係が認められた。従って、根量の大きい系統は生収量が大きく、このため澱粉収量が大きかったものと推察できる。なお、根重に対する澱粉収量の回帰直線は、集団間で傾きが顕著に異なり、農1集団に比べて紅丸集団の方が傾きが大きかった(第3図)。さらに、収穫期の形質の遺伝率は(第4表)、農1集団では52-69%、紅丸集団では60-75%を示し、澱粉価以外の形質では集団間の差異が小さかった。

第5表 塊茎世代の諸形質の集団間および根量階級間の差異。

	黄変期まで日数 <sup>1)</sup>			澱粉収量(g株 <sup>-1</sup> )			生収量(g株 <sup>-1</sup> )			澱粉価(%)		
	平均値	相対値	SE <sup>2)</sup>	平均値	相対値	SE	平均値	相対値	SE	平均値	相対値	SE
農1集団												
階級S	116	(100) <sup>3)</sup>	1.9	200	(100)	6.8	1054	(100)	29.9	18.9	(100)	0.3
階級L	117	(101)	5.2	224	(112)	19.8	1125	(107)	123.4	20.4	(108)	0.9
全体	116	[100] <sup>4)</sup>	1.7	203	[92]	6.5	1061	[83]	29.4	19.1	[113]	0.3
紅丸集団												
階級S	115	(100)	2.6	208	(100)	17.4	1203	(100)	81.9	17.1	(100)	0.7
階級L	117	(102)	3.1	233	(112)	17.4	1367	(114)	73.6	16.7	(98)	0.6
全体	116	[100]	2.0	221	[100]	12.3	1285	[100]	55.9	16.9	[100]	0.4
有意性 <sup>5)</sup>												
集団間	ns			ns			*			*		
階級間												
農1集団	ns			ns			ns			ns		
紅丸集団	ns			ns			ns			ns		

註. 1) 萌芽期からの日数。

2) 平均値の標準誤差。

3) 各集団の階級Sの平均値を100とした時の相対値を示す。

4) 紅丸集団の平均値を100とした時の相対値を示す。

5) \*は平均値に5%水準で有意差があることを、nsは有意差がないことを示す(t-検定)。



## 考 察

本実験で供試した2組のバレイシヨ交配分離集団（農林1号×コナフブキ、紅丸×コナフブキ）では、実生世代の6葉期（播種後40日前後）という生育の初期において、根長に大きな変異が認められた。Iwama<sup>13)</sup>らは男爵薯×農林1号と男爵薯×コナフブキの2集団で、またKashiwagi<sup>17)</sup>らは農林1号×コナフブキおよび農林1号とWB系統（*Solanum phureja*×*Solanum chacoense*の戻し交雑系統）の正逆交配集団で、いずれも本実験と同様の結果を報告している。また、他の作物でもEnnos<sup>18)</sup>が白クローバーの交配分離集団の根長を調査し、発芽7日後には10-110mmの大きな変異が生じていたことを報告している。従って、交配後の遺伝的分離集団では生育初期の根長に大きな変異が存在するものと考えられる。

各集団内における根長の頻度分布を検討したところ、農1集団では2頂型の分布を示し、根長の小さい群と根長の大きい群のそれぞれの系統数の比が3:1の分離比に適合した。Kashiwagiら<sup>17)</sup>は別の実験でも、根長の頻度分布を調査し、本実験と同じ結果を得ている。従って、農1集団では実生世代の初期における根長の系統間の差異には、1対の主働遺伝子が関係しており、根長が短いという形質が優性であるものと考えられる。

紅丸集団では根長の頻度分布は1頂型を示し、農1集団とは異なった。両集団の花粉親は共通であることから、交配に用いた母親の遺伝的な特性の差異が、実生世代での根長の分布の差異をもたらしたものと推察できる。さらに、各集団の根長の平均値は有意に異なり、母親の根長の順位と一致した。前述のIwamaら<sup>13)</sup>による2つの交配分離集団の比較でも、花粉親における根長の順位と実生世代における分離集団の根長の平均値の順位は一致していた。これらの結果から、交配分離集団における実生世代の根長は交配親の特性によって影響される遺伝的な形質であると結論できる。

塊茎世代の根重は、農1集団が紅丸集団に比べ有意に大きく、母親における根重の順位と一致した。Iwamaら<sup>5)</sup>は根量の異なるバレイシヨ2品種

を母親、3系統を花粉親に用いた計6組み合わせの交配分離集団において、交配親の根重が大きい集団では塊茎世代の根重の平均値が大きいことを報告している。また、コナフブキと農林1号を花粉親に用いた交配分離集団でも、塊茎世代の根重は農林1号を花粉親に用いた集団の方が大きかった<sup>13)</sup>。本実験の結果はこれらの報告と一致しており、バレイシヨの塊茎世代における根量は交配親の特性が影響する遺伝的な形質であると考えられる。

塊茎世代での根重の変異の大きさを集団間で比較したところ、農1集団は紅丸集団よりも変異が大きかった。また、両集団とも交配親の根重よりも大きな根重を示す系統が約25%得られた。このことは、根重が大きい交配親を用いることによって、交配分離集団の塊茎世代における根重の変異が拡大し、さらに交配親よりも根重の大きな系統を作出できることを示している。バレイシヨの近縁野生種である*Solanum phureja*や*Solanum microdontum*の根量は、我が国の栽培品種中で最も根量が大きい農林1号よりさらに2倍以上も大きいことが報告されている<sup>19)</sup>。またIwamaら<sup>8)</sup>は、男爵薯×コナフブキの交配分離集団を用いて、コナフブキに比べ根量が2倍程度大きなIWA系統を育成した。今後、これらの近縁野生種やIWA系統を交配親に用いることにより、根量の大きな品種を育成できるものと思われる。

塊茎世代における根重と地上部および塊茎形質との関係を検討したところ、地上部最大期に根重の大きな系統は葉重および茎重も大きいことが示された。また、根重の大きな系統では全重に対する根重の割合が高く、逆に全重に対する塊茎重の割合が低いことが明らかとなった。Iwamaら<sup>4)</sup>が268系統よりなるバレイシヨの交配分離集団を用いて行った実験でも、本実験で認めたものと同様の結果が報告されている。さらに、本実験で供試した2集団では、根重に対する澱粉収量の回帰直線の傾きが顕著に異なった。これは、澱粉収量に対する根の効率が交配に用いた母親の特性によって影響されることを示唆している。前述し

たIwamaら<sup>5)</sup>による6つの交配分離集団での比較においても同様の結果が報告されており、またSattelmacherら<sup>7)</sup>も、在来品種に比べ育成品種や系統では、根重に対する塊茎収量の割合が高いことを報告している。これらの結果は、塊茎収量に対する根の役割をより詳細に明らかにし、また根の乾物生産効率に関する育種を行う上で、考慮すべき事項であると考えられる。

塊茎世代の形質について広義の遺伝率を算出したところ、根重の遺伝率は両集団とも61%を示した。これまでバレイショの根形質に関しては遺伝率が全く報告されていないが、Ekanayakeら<sup>10)</sup>は圃場で栽培したイネを調査し、根長密度で44-77%、根乾物重で56-92%の遺伝率を報告している。また、インゲンマメの根乾物重で69-90%<sup>20)</sup>、エンドウマメの根乾物重で77-88%<sup>21)</sup>の遺伝率が報告されている。本研究で得られた遺伝率は、他の作物で報告されたものと類似した値といえる。さらに、根重の遺伝率は地上部最大期の葉重、茎重および塊茎重、ならびに収穫期の塊茎の生収量、澱粉価および澱粉収量での遺伝率と類似していた。このことは、環境変異や環境と遺伝子型との相互作用が、根重と地上部および塊茎形質とで類似していたことを示している。従来根について育種が行われなかった理由としては、調査に多大な労力と時間がかかることに加えて、根量形質は環境変異が大きく、地上部および塊茎の量的形質に比べ遺伝的変異の同定が難しいと考えられたためである。本実験の結果は、土壌条件が比較的均一に整備された圃場では、根量の環境変異は地上部や塊茎形質の環境変異と同程度であり、地上部や塊茎形質で行われているのと同様の選抜が可能であることを示している。

実生世代での根長と塊茎世代での根重との関係を検討したところ、農1集団では実生世代での根長が大きかった階級Lの系統は根長の小さかった階級Sの系統に比べ、塊茎世代での根重の平均値が有意に大きかった。また、階級Lの67%が塊茎世代において交配親よりも大きな根重を示したが、階級Sの系統では22%しかなかった。これらの結果は、農1集団では実生世代に根長を指標と

して選抜することによって、塊茎世代の根量の大きな系統を得る確立が高まることを示している。一方、紅丸集団では、階級Lと階級Sの間で塊茎世代の根重に有意な差異が認められなかった。また、階級Lと階級Sに含まれた系統の内、それぞれ22%が塊茎世代において交配親よりも大きな根重を示した。従って、紅丸集団では実生世代に根長を指標とした選抜を行っても、塊茎世代に根量の大きな系統を得る確立が必ずしも高くない、すなわち実生世代での根長の選抜が有効ではないと考えられる。

Iwamaら<sup>13)</sup>は、男爵薯×農林1号と男爵薯×コナフブキの2集団について、実生世代の圃場への定植期（ほぼ6葉期）に、ポットを取り外した時に見える根量を基準にして系統を4階級（少、中、多、極多）に分別し、塊茎世代における圃場での根重の階級間の差異を調査した。その結果、花粉親が農林1号の集団では、階級少および中と階級多および極多との間には有意な差異が認められたが、花粉親がコナフブキの集団では階級間の差異が不明瞭であった。本実験およびIwamaら<sup>13)</sup>の実験の結果は、農林1号を交配親に用いた集団では、実生世代での根量を指標にして塊茎世代の根量をだまかに選抜可能であるが、他の品種を交配親に用いた集団ではそれが難しいことを示している。この理由として、両実験ともに実生世代での根量の変異は農林1号を交配親に用いた集団では大きかったのに対し、その他の集団では小さかったことがあげられる。さらに、本実験およびKashiwagiら<sup>17)</sup>の実験において、農林1号を交配親に用いた集団では、実生世代の根量が2頂型の変異を示し、3:1（根量小:根量大）の分離比に適合していたのに対し、農林1号を交配親に用いなかった集団ではこのような明瞭な分離を示さなかった。従って、農林1号は根量についての遺伝的組成が他の品種とは異なり、根量を大きくする主働遺伝子を持つものと推察する。

## 摘 要

バレイショ根系形質の育種的な選抜の可能性を検討するために、根量の異なる品種の交配に由来

する2組のバレイショ交配分離集団(農1集団; 農林1号×コナフブキ, 紅丸集団; 紅丸×コナフブキ)を用いて, ポット栽培した実生世代の6葉期における根量と, その地上部を挿し木して増殖した同一遺伝子型の塊茎世代における地上部最大期の根および地上部, 塊茎形質との関係を調査した。

1. 実生世代における根長の頻度分布は集団によって異なり, 農1集団では2頂型, 紅丸集団では1頂型を示した。そこで, 農1集団では分布の谷間の値(8 m株<sup>-1</sup>)を, 紅丸集団では集団の平均値(5 m株<sup>-1</sup>)を境界にして, 根長の大きい系統群(L)と根長の小さい系統群(S)の2階級を設定した。なお, 農1集団では各階級に含まれる系統数が3:1(S:L)の分離比に適合した。
2. 各交配集団の根乾物重(根重)の平均値および変異の大きさは, 実生世代, 塊茎世代ともに農1集団が紅丸集団よりも大きく, これは交配に用いた母親の根重の順位と一致した。
3. 塊茎世代の根重の遺伝率は, 両交配集団ともに他の地上部形質および塊茎形質の遺伝率と同程度の値を示した。
4. 農1集団では, 実生世代に階級Lの系統は階級Sの系統に比べ, 塊茎世代の地上部最大期での根重が有意に大きかった。しかし, 紅丸集団では, 両階級間に有意な差異が認められなかった。
5. 農1集団では, 階級Lの系統の67%が, また階級Sの系統の22%が, 塊茎世代に根重が農林1号よりも大きかった。一方, 紅丸集団では塊茎世代の根重が紅丸よりも大きかった系統は, 両階級ともに22%であった。

以上のことから, バレイショでは根量の大きな品種・系統を交配親に用いることによって塊茎世代における根量の遺伝的変異を拡大できると考えた。また, 農林1号を交配親に用いた分離集団では, 実生世代の生育初期の根長を指標にした選抜によって, 塊茎世代の根量の大きな系統を得られることが明らかとなった。

## 謝 辞

実験の遂行にあたって, 作物学分野の学生各位, 特に黒河潤・永田貴之の両君に多大な御助力を頂いた。これらの皆様に深く御礼を申し上げる。

## 引用文献

1. Coleman, W.K.: Water relations of the potato (*Solanum tuberosum* L.) cultivars Raritan and Shepody. *Am. Potato J.* **63**: 263-276. 1986.
2. Lesczynski, D.B. and Tanner, C.B.: Seasonal variation of root distribution of irrigated, field-grown Russet Burbank Potato. *Am. Potato J.* **53**: 69-80. 1976.
3. 岩間和人・中世古公男・後藤寛治・西部幸男・梅村芳樹: バレイショ根系の品種間差異と地上部の生育および塊茎収量との関係. *日作紀*. **48**: 403-408. 1979.
4. Iwama, K., Nakaseko, K., Isoda, A., Gotoh, K. and Nishibe, Y.: Relations between root system and tuber yield in the hybrid population of the potato plants. *Jpn. J. Crop Sci.* **50**: 233-238. 1981.
5. Iwama, K., Nakaseko, K., Isoda, A., Gotoh, K. and Nishibe, Y.: Comparison of root systems among hybrid populations derived from different crosses in potato. *Jpn. J. Crop Sci.* **50**: 365-372. 1981.
6. Iwama, K.: Difference in root growth of potato plants among years and cropping seasons. *Jpn. J. Crop Sci.* **57**: 346-354. 1988.
7. Sattelmacher, B., Kuene, R., Malagamba, P. and Monero, U.: Evaluation of bearing *Solanum* species belonging to different ploidy levels for its yielding potential at low soil fertility. *Plant and Soil* **129**: 227-233. 1990.
8. Iwama, K., Hasegawa, T. and Nakaseko, K.: New potato lines with high productivity and drought tolerance. In Horie, H., Geng, S., Amano, T., Inamura, T. and Shiraiwa, T. eds., *World Food Security and Crop production technologies for tomorrow. The crop science society of Japan*: 189-193. 1999.
9. 金子正・川嶋浩樹・岩間和人・茂木紀昭・市川伸次: 土壌水分が根量の異なるバレイショ2品種の生育および収量に及ぼす影響. *日作紀* **65** (別2): 115-116. 1996.
10. Ekanayake, I.J., C. O'Toole, J., Garrity, D.P. and Masajo, T.M.: Inheritance of root characters and their relations to drought resistance in rice. *Crop Sci.* **25**: 927-933. 1985.

11. Swiezynski, K.M., Sykala, A. and Wroblewska, J. K.: Differences in early growth of shoots and roots in potato clones. *Potato Res.* **21**: 241-248. 1978.
12. Gabelman, W.H., Gerloff, G.C., Schettini, T. and Coltman, R.: Genetic variability in root systems associated with nutrient acquisition and use. *Hort. Sci.* **21**: 971-973. 1986.
13. Iwama, K., Uemura, T. and Umemura, Y.: A simple method for selection of potato lines with a higher root/total ratio at an early stage in the seedling generation. *Plant Prod. Sci.* **1**: 286-287. 1998.
14. 柏木純一・岩間和人・林拓・梅村芳樹：バレイショ実生世代の定植期における根系形質の分離様式。育種・作物学会北海道談話会会報 36：142-143. 1995.
15. Tennant, D.: A test of a modified line intersect method of estimating root length. *J. Ecol.* **63**: 995-1001. 1975.
16. Bradshaw, J.E. : Quantitative genetics theory for tetrasomic inheritance. In J.E. Bradshaw and G.R. Mackay (eds) *Potato genetics*. CAB International, UK. 72-73. 1994.
17. Kashiwagi, J., Iwama, K., Hasegawa, T. and Nakaseko, K.: Selection method for root mass in the first generation derived from true seed in potato. In Horie, H., Geng, S., Amano, T., Inamura, T. and Shiraiwa, T. eds., *World Food Security and Crop production technologies for tomorrow. The crop science society of Japan* : 342-343. 1999.
18. Ennos, R.A.: The significance of genetic variation for root growth within a natural population of white clover (*Trifolium repens* L.). *J. Ecol.* **73**: 615-624. 1985.
19. Iwama, K. and Nishibe, S.: Comparison of root characters among cultivated potatoes (*Solanum tuberosum*) and their wild relatives. *Jpn. J. Crop Sci.* **58**: 126-132. 1989.
20. Fawole, I., Gabelman, W.H. and Gerloff, G.C.: Genetic control of root development in beans (*Phaseolus vulgaris* L.) grown under phosphorus stress. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* **107**: 98-100. 1982.
21. Saleh, G.B.: Genetic control of root characteristics in peas. Ph. D thesis, University of Wisconsin, Madison. 1986.

# The Effects of Screening for Root Mass in the Seedling Generation on the Root Mass in the Tuber Generation in the Hybrid Potatoes

Junichi KASHIWAGI, Kazuto IWAMA, Toshihiro HASEGAWA,  
Kimio NAKASEKO

(Research Group of Botany and Agronomy, Graduate School of Agriculture,  
Hokkaido University, Sapporo 060-8589, Japan)

Noriaki MOKI and Shinji ICHIKAWA

(Experimental farms, Faculty of Agriculture, Hokkaido University, Sapporo 060-0811, Japan)

(Received February 8, 1999)

## Summary

The effects of screening for root mass in the seedling generation were investigated for two hybrid populations of potatoes. One is derived from the cross between Norin 1 (N, large root mass) and Konafubuki (K, small root mass), and the other is from Benimaru (large root mass) and K. The seedlings derived from true seeds of the two populations (N×K, B×K) were grown in pots ( $\phi 7 \times 6$  cm) in a greenhouse the autumn in 1995. Soils consisted of mixture of volcanic ash sandy roam soil, peat moss and sand (1 : 1 : 1 parts by volume). The 78 and 53 genotypes for N×K and B×K, respectively, were sampled at approximately six leaf stage. The root length (RL) was measured after the roots were washed in running water. The top of each plant was cut and inserted into the sand in the beds for rooting, then transplanted into a pot for further cultivation. The tubers harvested from the pot the winter in 1996 were planted in the field for propagation in 1996. In 1997, the 56 and 39 genotypes for N×K and B×K, respectively, were cultivated in the field on May 1 with a row width of 75 cm and hill distance of 40 cm. A combination of fertilizers at the rate of 1000 kg ha<sup>-1</sup> of 7-11-9 (N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O) was applied before planting. The root, leaf, stem and tuber dry weight (DW) at maximum top growth stage and the tuber characteristics at harvest time were measured.

1. In the seedling generation, two populations showed different distributions of RL; i.e. bi-modal in N×K and continuous in B×K. The genotypes of each generation were classified into two groups (S class; short RL, L class; long RL) based on the boundary of RL of 8 m pl<sup>-1</sup> in N×K and of 5m pl<sup>-1</sup> in B×K. The segregation ratio of genotypes of S class and L class fitted 3 : 1 in N×K (0.50 < p < 0.75).
2. In both seedling and tuber generations, N×K population had both larger mean value and variability of RL or root dry weight (RDW) than the B×K population which was consistent with the order of RDW of the female parents. The heritability of RDW in the tuber generation was 61% in both populations, being similar to the heritability of shoot and tuber DWs.
3. In the N×K population, the genotypes of L class had significantly larger RDW than those of S class in the tuber generation. In the B×K population, however, the difference between the S and L class was not detected. In the N×K population, the 67% of the genotypes of L class, while the 22% of the genotypes of S class, showed larger RDW than N in the tuber generation. In the B×K population, the genotypes with larger RDW than B were 22% in both S and L class.

The results indicate that using a variety or line of larger root mass as a parent of crossing, we can make a wider genetic variability of root mass in the offspring. Especially, in the population derived from N, it would be possible to get the genotypes with large root mass in the tuber generation by screening the root mass at the early stage in seedling generation.